

파장 다중 분할 Ethernet PON에서의 서비스별 대역폭 할당방식

장용석⁰, 엄중훈^{**}, 안철웅^{***}, 류상률^{****}, 김승호^{*}

^{*}경북대학교 컴퓨터공학과, ^{**}KT 통신망연구소, ^{***}멀티미디어학부 계명대학, ^{****}청운대학교 컴퓨터공학과

ysjang@borami.knu.ac.kr, jheom@kt.co.kr, homepig@mail.km-c.ac.kr,

rsr@chungwoon.ac.kr, shkim@knu.ac.kr

Bandwidth Allocation Methods by Service for Wavelength Division Multiplexing Ethernet PON

Yong-Seok Chang⁰, Jonghoon Eom^{**}, Cheol-Woong Ahn^{***}, Sang-Ryul Ryu^{****}, Sung-Ho Kim^{*}

^{*}Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

^{**}Telecommunication Network Laboratory, KT

^{***}Multimedia Department, Keimyung College

^{****}Department of Computer Science, Chungwoon University

요 약

파장 다중 분할 Ethernet PON(Passive Optical Network)은 최근 들어 활발하게 연구되고 있는 경제적이고 효율적인 가입자망 구조이다. 가입자망의 구조가 다양하게 진화하고 광 이더넷 기술이 발전하면서 가입자에게 최적의 대역폭을 할당하기 위해 파장 다중 분할 Ethernet PON에서도 서비스별 대역폭 할당방식을 제공해야 할 필요성이 커지고 있다. 따라서, 본 논문에서는 사용자의 대역폭 요구에 따라 OLT(Optical Line Termination)가 각 ONU(Optical Network Unit)에게 서로 다른 방식으로 대역폭을 할당하는 파장 다중 분할 Ethernet PON 모델을 제시하고 구현한다. 그리고, ONU의 큐잉 지연과 단대단 Ethernet 지연에 대한 분석을 통해 모델의 효율성을 제시한다.

1. 서론

다양하고 새로운 통신 서비스에 대한 사용자의 요구가 급속도로 증가하는 반면 가입자망에서의 전송용량이 크게 증가하지 않아 이러한 서비스들을 원활하게 제공하지 못하고 있다. 현재의 대표적인 초고속 가입자망은 xDSL(Digital Subscriber Line)이다. 이 모델은 향후 고속 멀티미디어 서비스를 위해서는 전송 능력이 부족하고, 수요 밀집지역에는 유리한 방식이지만, 수요 산발지역에는 적합한 방식이 아니다. 이와 같이 현존하는 가입자 망의 구조는 여러 가지 요구 사항을 수용하기에 부족하다.

이러한 상황에서 반경 20Km 내에 있는 가입자들을 FTTx의 형태로 연결 할 수 있는 PON은 가입자 망의 대안으로 등장한 기술이라 할 수 있다. 또한, PON은 하나의 광케이블을 분배기(Splitter)를 통해 여러 가닥으로 분기하여 최대 64대의 광 가입자 장치가 동시에 연결되어 사용할 수 있는 구조이기 때문에 대용량 전송능력 뿐만 아니라 구축 비용이 저렴한 장점을 가지고 있다. PON의 대역폭 할당방식은 시분할다중접근(TDMA: Time Division Multiple Access)방식을 기본으로 하며, QoS(Quality of Service)를 보장해야 하는 전용회선 가입자에 적합한 고정 대역폭 할당방식과 LAN/MAN의 최선형 방식에 적합한 가변 대역폭 할당방식으로 나눌 수 있다[1][2][3].

가입자망 구조가 다양하게 진화되고, 광 이더넷 기술이 통신시장에 확산되면서 ONU의 서비스 형태에 따라 최적의 대

역폭 할당을 보장하기 위해 고정적인 대역폭 할당방식과 가변적인 대역폭 할당방식의 두 가지 또는 그 이상의 서비스를 동시에 제공해야 하는 경우가 발생한다. 따라서, 본 논문에서는 파장 다중 분할 Ethernet PON 가입자의 서비스별 대역폭 요구에 따라 각 ONU에게 서로 다른 방식으로 대역폭을 할당해주는 알고리즘을 제안한다. 성능분석을 위해 서비스별 대역폭 할당방식 모델을 구현하고 ONU의 큐잉 지연과 처리량 분석을 통해 모델에 대한 효율성을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 파장 다중 분할 Ethernet PON의 구조에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 서비스별 대역폭 할당방식에 대해 기술하며, 4장에서는 시뮬레이션 분석 결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺고 향후 연구과제를 기술한다.

2. 파장 다중 분할 Ethernet PON의 구조

파장 다중 분할 Ethernet PON은 그림 1에서와 같이 OLT, ONU, 수동 광 분배기로 구성되고, 하나의 OLT에 수동 광 분배기를 통해 최대 64개의 ONU가 연결되며, OLT와 ONU의 최대 거리는 20km로 배치된다. 하향스트림과 상향스트림으로 각각 n개의 파장을 할당할 수 있는 구조이다. 하향스트림은 OLT가 ONU에게 점 대 다점의 형태로 방송하고, 상향스트림은 ONU가 OLT에게 다점 대 점형태인 TDMA방식으로 보낸다[4].

따라서, 하향스트림에서 OLT가 가변길이 패킷 형태의

데이터를 각각의 ONU로 방송할 때, 유일한 식별자를 헤더에 포함해서 전달하고, 수동 광 분배기를 통해 ONU 개수만큼의 신호로 분리한 다음 ONU에게 최종적으로 전달한다. 이 때, 각 ONU는 자신에게 해당되는 패킷일 경우에만 받아들이고, 다른 ONU에게 해당되는 패킷일 경우 파기시킨다.

상향스트림은 여러 ONU가 한 선로를 공유하기 위한 다중 접속 프로토콜을 필요로 하는데, ONU간의 충돌을 피하기 위해 각 ONU가 할당된 시간에만 자신의 패킷을 전송하는 TDMA방식을 사용한다.

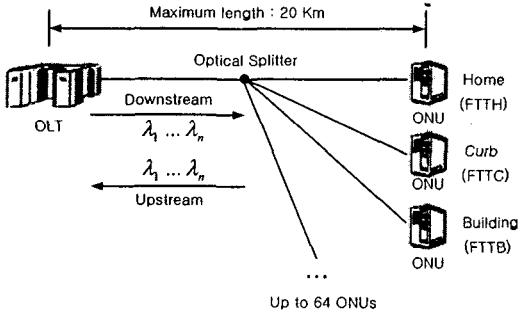
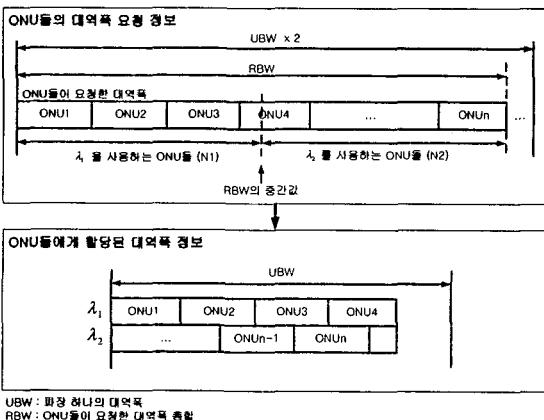


그림 1. 파장 다중 분할 Ethernet PON

3. 파장 다중 분할 Ethernet PON에서의 서비스별 대역폭 할당방식

파장 다중 분할 Ethernet PON에서 각 ONU들에게 대역폭을 제공하는 방식은 모든 ONU들에게 고정된 양의 대역폭을 할당하는 고정 대역폭 할당방식과 각 ONU들의 전송 대역폭 요구를 참조하여 가변적으로 대역폭을 할당하는 가변 대역폭 할당방식으로 나누어질 수 있다. 전화회선과 같이 약정한 대역폭을 보장해야 하는 QoS 보장형 서비스에 적합한 것이 고정 대역폭 할당방식이고, LAN/MAN과 같이 최선형 방식의 서비스에 적합한 것이 가변 대역폭 할당방식이다.

본 논문에서 제안하는 ONU의 서비스별 대역폭 할당 방식은 파장 다중 분할 Ethernet PON에서 OLT가 각 ONU의 요구 서비스에 따라 각기 다른 대역폭 할당방식을 적용할 수 있는 방법이다. OLT는 특정 ONU에게는 고정 대역폭을 할당하고, 또 다른 ONU들에게는 가변 대역폭을 할당함으로써, 두 가지 이상의 서비스를 동시에 적용할 수가 있다.

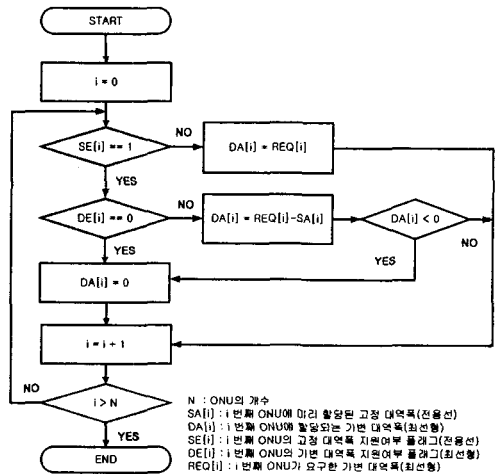


UBW : 파장 하나의 대역폭
RBW : ONU들이 요청한 대역폭 총합

그림 2. 2개의 다중 파장을 이용한 대역폭 할당 개요

그림 2는 OLT에서 2개의 다중 파장을 이용하여 ONU에게 상향 스트림으로의 대역폭을 할당하는 개요를 나타낸다. ONU에게 할당할 수 있는 대역폭의 최대 값인 상향 스트림의 대역폭(UBW)과 n개의 ONU에서 요청한 대역폭들의 총합(RBW)이 도시되어 있다. ONU로부터 대역폭 할당에 대한 요청을 받으면 OLT는 ONU에서 요청한 대역폭을 2개의 파장으로 분할하여 할당하며, ONU에서 요청한 대역폭 총합(RBW)의 중간값을 기준으로 하여 ONU에서 요청한 순서대로 첫번째 파장에 할당된 후, 할당된 대역폭의 합이 ONU에서 요청한 대역폭 총합(RBW)의 중간값보다 크면 그 다음 ONU부터는 두번째 파장에 할당된다[5].

상세한 서비스별 대역폭 할당과정은 두가지 과정을 따른다. 제 1과정은 OLT가 ONU로부터 가변 대역폭의 요청을 받으면 자신이 가지고 있는 대역폭 정보 테이블에 가변 대역폭을 할당하여 그 정보를 작성하는 과정이다. OLT의 대역폭 정보 테이블에는 고정 대역폭 및 가변 대역폭의 지원 여부, 고정 대역폭, ONU가 요청한 대역폭이 기록되며, OLT는 이러한 고정 대역폭 및 가변 대역폭의 지원 여부, 고정 대역폭, 및 ONU가 요청한 대역폭을 참조하여 가변 대역폭을 할당하게 된다. OLT가 대역폭 할당 테이블을 설정하는 과정은 그림3과 같고 그림 4는 대역폭 할당 테이블 설정과정의 예를 보여 준다.



N : ONU의 개수
SA[i] : i 번째 ONU에 미리 할당된 고정 대역폭(선용선)
DA[i] : i 번째 ONU에 할당되는 가변 대역폭(최선용)
SE[i] : i 번째 ONU의 고정 대역폭 지원여부 플래그(선용선)
DE[i] : i 번째 ONU의 가변 대역폭 지원여부 플래그(최선용)
REQ[i] : i 번째 ONU가 요구한 가변 대역폭(최선용)

OLT에 위치한 ONU의 대역폭 요구 정보 테이블

REQ	ONU1	ONU2	ONU3	...	ONUn
REQ[1]	REQ[2]	REQ[3]	...	REQ[n]	

OLT의 대역폭 할당을 위한 정보 테이블

	ONU1	ONU2	ONU3	...	ONUn
SE	SE[1]	SE[2]	SE[3]	...	SE[n]
DE	DE[1]	DE[2]	DE[3]	...	DE[n]
SA	SA[1]	SA[2]	SA[3]	...	SA[n]
DA	DA[1]	DA[2]	DA[3]	...	DA[n]

그림 3. OLT의 대역폭 정보 테이블 설정과정

OLT에 위치한 ONU의 대역폭 요구 정보 테이블

REQ	ONU1	ONU2	ONU3	ONU4
REQ	50	30	30	50

OLT의 대역폭 할당을 위한 정보 테이블

	ONU1	ONU2	ONU3	ONU4
SE	1	0	0	1
DE	1	1	1	0
SA	20	0	0	30
DA	30	30	30	0

그림 4. 대역폭 할당 테이블 설정과정의 예

그림 3과 그림 4와 같이 대역폭 정보 테이블을 설정하는 제 1과정이 모두 수행되면, OLT는 제 1과정에서 설정된 대역폭 정보 테이블을 참조하여 그림 5와 같이 각각의 ONU들에게 서비스에 맞는 적절한 대역폭과 파장을 할당하는 제 2 과정을 수행한다.

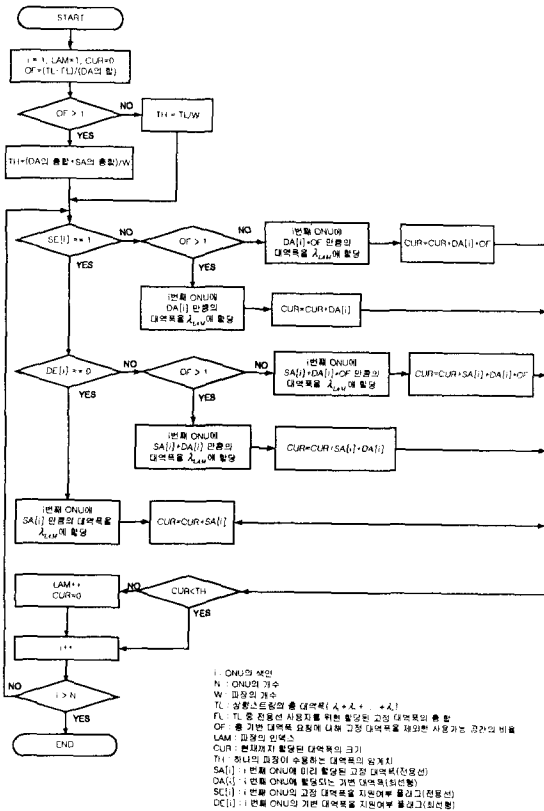


그림 5. 서비스별 대역폭 할당 방법

4. 시뮬레이션 결과

이 장에서는 파장 다중 분할 Ethernet PON에서의 서비스별 대역폭 할당방식의 성능을 OPNET으로 시뮬레이션 하고 시뮬레이션한 결과를 분석한다. [5]에서 구현 설계된 파장 다중 분할 Ethernet PON OPNET 모델을 기본으로 본 논문에서 제안하는 서비스별 대역폭 할당방식의 시뮬레이션 모델을 OPNET을 사용하여 설계했다. 설계된 모델에서 ONU의 수는 32개로 설정하였고, 하나의 파장이 갖는 전송 대역폭은 1Gbps 하였다. 패킷의 크기는 Ethernet 프레임의 크기인 64~1518bytes로 설정하였다.

그림 6은 서비스별 대역폭 할당방식을 적용한 ONU의 큐잉 지연시간을 나타낸 그래프이다. 전용회선 서비스, 최선형 서비스, 전용회선과 최선형 서비스를 동시에 사용하는 서비스에 대한 큐잉 지연시간을 나타낸다. 그림 6과 같이 전용회선 서비스와 최선형 서비스를 동시에 사용할 때 ONU의 큐잉 지연시간이 줄어든다는 것을 알 수 있다. 그림 7은 전용회선 서비스, 최선형 서비스, 전용회선과 최선형 서비스를 동시에 사용하는 서비스에 대한 단대단 이더넷 지연시간을 나타낸다. 단대단 이더넷 지연시간에 대한 결과 역시 전용회선 서비스와 최선형 서비스를 모두 사용하는 것이 우월함을 보인다.

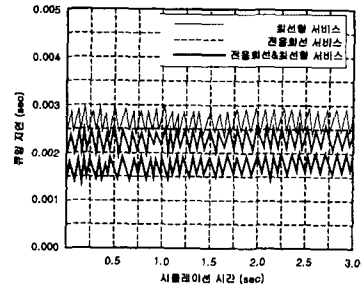


그림 6. 큐잉 지연시간

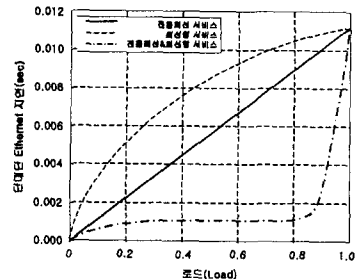


그림 7. 단대단 Ethernet 지연시간

5. 결론

가입자 망에서 멀티미디어 및 대용량 데이터의 전송에 대한 요구가 급격히 확산되면서, 메트르급 이상의 망뿐만 아니라, 가입자망에서도 이러한 요구를 만족시켜줄 수 있는 전송 장비와 프로토콜의 개발이 본격화되고 있다. 본 논문에서는 파장 다중 분할 Ethernet PON에서 모든 가입자에게 최대 대역폭을 고정적으로 나누어주는 TDMA방식의 고정적 대역폭 할당방식 대신, 가입자가 원하는 서비스에 따라 최대 대역폭을 유동적으로 할당하는 방식을 제안하고 구현하였다.

ONU가 요구하는 대역폭 서비스 형태에 따라 고정 대역폭 서비스와 가변 대역폭 서비스를 동시에 이용하여 최적의 대역폭을 제공하도록 구현함으로써, 광 가입자의 다양한 요구 사항을 충족시키고 광 가입자 선로구간의 광 미디어 접근기능 및 전송지연시간을 향상시켜 효율적으로 서비스를 제공하고 운용관리할 수 있다는 장점이 있다. 또한, 개발된 시뮬레이션 모델은 파장 다중 분할 Ethernet PON이 실제 운용될 때 참고자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] A. Cook and J. Stern, "Optical Fiber Access Perspectives toward the 21st Century," *IEEE Communications Magazine*, Feb. 1994.
- [2] Marco Listanti, Vincenzo Eramo, and Roberto Sabella, "Architectural and Technological Issues for Future Optical Internet Networks," *IEEE Communications Magazine*, Sep. 2000.
- [3] G. Pesavento and M. Kelsey, "PONs for the Broadband Local loop," *Lightwave*, Vol. 16, No. 10, pp. 68-74, Sep. 1999.
- [4] S. W. Jung, Y. S. Chang, J. H. Eom, and S. H. Kim, "Design and Implementation of Dynamic TDMA MAC Protocol for Ethernet PON Using OPNET," *OECC*, 2002.
- [5] M. S. Jung, Y. S. Chang, J. H. Eom, and S. H. Kim, "Variable TDMA MAC Protocol for WDM EPON," *In Proceeding OECC*, 2003, Shanghai, China.